



# 愛研技術通信

## 最新ニュース

### 「温泉法の一部改正する法律案」の閣議決定について

#### 1. 改正の趣旨

平成19年6月19日に、東京都渋谷区の温泉施設において可燃性天然ガスによる爆発事故が発生した。この事故の教訓を踏まえ、温泉法(昭和23年法律第125号)の一部を改正し、温泉の採取等に伴い発生する可燃性天然ガスによる災害防止をはかるものである。

#### 2. 法律案の概要

##### (1) 温泉の採取に係る許可制度の創設

温泉の採取を継続的に行おうとする者は都道府県知事の許可を受けなければならないこととし、採取のための施設や方法が可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準に適合していることを許可の基準とする。

都道府県知事は、技術基準に適合しない場合は許可の取り消し又は災害防止措置の命令ができることとする。

なお、可燃性天然ガスが発生せず、災害防止上の措置を必要としない温泉については、都道府県知事の確認を受けることにより、温泉の採取の許可を受けることを必要としないこととする。

##### (2) 温泉の掘削に係る許可基準の見直し等

都道府県知事による掘削の許可の基準として、掘削のための施設や方法が可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準に適合していることを追加する。

都道府県知事は、技術基準に適合しない場合は許可の取り消し又は災害防止措置の命令ができることとする。

#### 3. 施行期日

公布の日から起算して1年を超えない範囲内において政令で定める日とする。

(施行の際、現に温泉の採取をしている者については、2.(1)の許可制度の適用は施行後6ヶ月を経過した後とする。)

(なお、この法律案は、今臨時国会に提出される予定)

(2007年10月12日報道発表資料、環境省)

## 基礎講座:「対象物質とその分析に関わる危険性」

技術部 加藤 良樹

私は、日々分析をしている環境の中で、その対象項目に関するさまざまな知識と危険性というものは、時間と共に薄れていくものだと感じている。しかし、毎日絶えずその危険性に気を使って仕事を行うのも限界があるだろう。そこで今回、対象物質や試薬の基礎知識、あるいは人的被害などについて、自身の復習の意味と関係者への再周知の意味も含めて記述していこうと思う。

### 1. 各項目の基礎知識と危険性

#### 1) pH

水素指数。水素の濃度を1~14の対数で表している。考え方はpH2なら $-\log 2$ なので濃度で0.01 mol/lとなる。例えば、ある地域の雨水がpH3だった。その雨水をIC(イオンクロマトグラフ法)で分析したところ硫酸イオンのみ検出されたとする。この場合、硫酸イオンの濃度を求める事ができる。PH3は $-\log 3$ なので0.001 mol/lになる。 $H_2SO_4$ は1つにつき $[H^+]$ を2つ生成するので0.0005 mol/lになる。これに硫酸イオンの質量数をかければ、 $96g \times 0.0005 \text{ mol/l}$ で0.048g/lと求める事が出来る。

#### 2) $Cr^{6+}$

六価クロム。クロムが酸化すると、 $Cr^{3+}$ や $Cr^{6+}$ になる。 $Cr^{6+}$ は人工的に作られ、毒性は $Cr^{3+}$ より高い。 $Cr^{3+}$ は自然界に存在していることもあり、毒性はそれほど高くない。 $Cr^{6+}$ は皮膚に付着すると腫瘍や皮膚炎になる。また、気化するので、クロムを扱う工場の労働者が肺ガンや鼻中隔穿孔(鼻穴の間にある壁に穴が空くこと)になるケースが多かった。

### 3) CN

シアン。カリウムと結合すると青酸カリになる。これは猛毒であることは有名で、数 mg で何十人もの人を即死させることができる。また、CN<sup>-</sup>は鉄と反応する。人は呼吸をするとき、様々な膜を使う。これはミトコンドリア内の巨大なタンパク質で構成されている。このタンパク質の末端はチトクロムオキシターゼと言い、鉄などの金属を含んでいる。そして、この部分と CN<sup>-</sup>が反応すると阻害となり、脳や筋肉の活動が出来なくなる。結果、即死する。しかし、一般的に CN<sup>-</sup>は結合しても遊離してしまうので、中毒になっても回復傾向の方が多いと言われる。

### 4) Hg

水銀。有機（メチル）の水銀では水俣病が有名である。無機水銀のそのものは蒸発しやすく、前処理で熱分解を行うと定量するときにロスしているケースが多い。身近なところで、私も含めて殆どの日本人は虫歯になると歯科で治療を受けてから歯に金属の詰め物をする。この金属の詰め物はアマルガムといい、ギリシャ語で「柔らかい物」を意味する。一般的にアマルガムは単体ではなく混合物であり、銀 - 錫（すず）水銀 - 銅の組み合わせが多い。歯科医療では、後者は水銀の溶出と蒸発のおそれがあることから使用されていない。このことより前者を歯科医療で使用しているのだが、実際この銀 - 錫アマルガムも銀と錫と少量の銅や亜鉛を水銀で練って製造しているので、同じような危険性はある（このアマルガムは約 50%が水銀といわれている）。水銀は主に蒸気からの吸収で歯肉炎、肺炎、腎障害、循環器障害、神経障害などを引き起こす。

### 5) T-N, T-P

窒素化合物。T-N の中でも特に硝酸態窒素や亜硝酸態窒素が問題になる。これらは土中で過剰状態になると、植物中で蓄積されて濃縮される形になる。硝酸態窒素は吸収されると、体内で還元され亜硝酸態窒素になり血液中のヘモグロビンと結合してメトヘモグロビンになる。このメトヘモグロビンは酸素の運搬能力がなく、軽症ならチアノーゼ（顔や皮膚が青みを帯びること）重症なら酸素欠乏になるケースがある。また、胃液中で硝酸態窒素は N-ニトロソ化合物という物質を生成する。中性液中の N-ニトロソ化合物はラジカル反応して分解してしまうが、酸の中では安定という性質を持っている。この物質は発ガン性がある。

リン化合物。T-P は栄養成分の源でもあり、富栄養化などの環境被害の方が多い。しかし、有機リンは例外。人間の肝臓にはコリンエステラーゼという酵素がある。健康診断などでこれが高いと高コレステロール、低いと肝硬変の疑いがあるとされる。これは神経伝達物質のアセチルコリン（コリンの酢酸エステル化合物で、不足するとアルツハイマー病になる）を酢酸とコリンに分解する働きがある。他の診断ではその分解された酢酸の pH で体調を管理することもある。有機リンは、そのコリンエステラーゼの作用を阻害する働きがあり、呼吸障害、肺水腫（血管外に血液が漏れるため、肺の機能が落ちる事）、昏睡（こんすい）などの症状が現れる。死亡のケースもある。

### 6) Cd, Pb

カドミウム。Cd は、富山県のある工場付近の田んぼに鉱山からの排水が流入されて起こったイタイイタイ病が有名である。Cd は代謝効率が悪く、体内で蓄積してしまう。半減期（その物質の量が最初の量の半分になる時間のこと）が数十年と長い。発ガンの疑いもあり、主な症状は腎臓障害、骨軟化症（カルシウム代謝損傷）やタンパク尿（尿細管が機能しなくなり血液中の糸球体が過作用をもたらしても、アミノ酸などが排出されてしまうこと）で、特に更年期以降の経産婦に現れる。幼児や新生児でも、腎皮質壊死（Cd が蓄積されて塊となり、腎臓の皮質に血液が供給出来なくなり腎不全になること）になったケースがある。また溶解性が高く揮発しやすいため、蒸気から吸入されたカドミウムの内、50%は吸収される。この場合、肺炎、閉塞性肺疾患の症状がでる。

鉛。電池や釣りなどに使うおもりに使用されている。この Pb は人間にとって必須栄養素になっている（90%は骨に含有）。基本は尿として排泄されやすく蓄積しにくい、何らかの症状で排泄されにくくなると、大量の鉛を抱え込むことになる。ヘモグロビンはポルフィリン（N を含む五員環化合物が四員環になったもの）と鉄の錯塩（鉄を中心にしてポルフィリンが囲うように結合している化合物など安定した状態になる結合）のヘム合成系にたんぱく質が結合したものである。このヘム合成系があるから酸素を取り込むことができる。ヘム合成系の生成は様々な酵素で成り立っている。鉛はその主要となる酵素の活動を阻害してしまう。つまり、血液中のポルフィリンが単離してしまい、尿として排泄されてしまう。これによりヘモグロビンが減少、次第に酸素の供給が減り、貧血になる。これを鉛中毒という。これに伴い頭痛、脱力、歩行困難、食欲不振、嘔吐、腹痛、激しい関節の痛みなどを引き起こすケースが多い。

## 2. 試薬や溶剤の基本知識と危険性

### 1) 塩酸

HCl。強酸（水中で分離する度合いが大きいもの： $H^+$ と $Cl^-$ ）。イオン化傾向の大きい金属と反応して水素を放出する。銅、銀、白金、金は溶かせない。硝酸との混合で王水（金を溶かすほどの酸）を生成できる。刺激は他の酸に比較すると低いが、目や皮膚に触れると非常に危険。目に入った場合は大量の水で流し、医者に診察してもらった方がよい。また、王水は密閉状態で保存すると、容器が破裂する。

### 2) 硫酸

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。強酸。比重が大きく、粘性があり、ピペットやシリンダーで量りにくい。腐食性があり、酸化力も強い。手に触れると火傷、

目に入ると失明、ミスト状態だと気管支炎や歯牙酸食症になるおそれがある。水で流す対処を必要とするが、硫酸は脱水力が高いので大量の水でないと化学火傷になる危険性がある。また、水との反応が激しいので、希硫酸の希釈調整は冷却しながら徐々に行い、必ず水溶液側に硫酸を注ぐ形にする。もし硫酸の方に水を入れてしまうと、発熱量に耐えられなくなり容器が破損する、あるいは硫酸が飛散する危険性がある。

### 3) 硝酸

$\text{HNO}_3$ 。強酸。アンモニアからのオストワルト法が一般的な生産。イオン化傾向の小さい金属と反応する（白金、金以外）。また、アルミニウムやクロムは不動態（金属表面に酸化被膜が形成され、酸で溶かしにくくなること。）を生成させてしまう。硫酸との反応で二トリ化合物が生成できる。酸化力も強い。皮膚に付着しても痛みが薄いので、硝酸特有の黄色の痕が残るケースが多い。腐食性なので、飲むと胃や腸の組織を破壊する。死亡のケースもある。

### 4) リン酸

$\text{H}_3\text{PO}_4$ 。用途が広く、肥料や洗剤、コーラなどの清涼剤などに利用される。オルトリン酸とポリリン酸の二種類がある。加熱すると脱水反応が起こり、腐食性ではあるが鉄さびを落とす性質がある。皮膚に付着すると皮膚炎になる。富栄養化の原因でもある。比重が大きく、硫酸並に粘性がある。

### 5) 水酸化ナトリウム

$\text{NaOH}$ 。塩酸と反応させると食塩水ができる。別名を苛性ソーダという。潮解性（空気中の水分を吸収して自ら溶けて水溶液になること）があり、最後には炭酸ナトリウムになる。反応熱が高く、水に溶かすとガラス容器なら持てないくらい熱くなる。また、この溶液は強アルカリ性なのでガラス性容器に保存してはいけない（ガラス繊維を侵すため）。アミド結合を加水分解するのでタンパク質を腐食し、皮膚は痛みもなく溶ける。皮膚に付着した場合は大量の水で流した後、ホウ酸水や塩化アンモニウムで中和すると良い（初めからの中和は逆に危険）。痛みが無い上に、浸食すると骨まで達して腐敗してしまうので、個人的意見として酸より危険だと思う。

### 6) ヘキサン

$\text{C}_6\text{H}_{14}$ 。直鎖の有機化合物。灯油のような臭いがある。極性が低いので水に不溶。異性体（分子式が同じでも構造が異なる物質）が存在するのでノルマルヘキサンとも言う。常温で気化する。主な症状は皮膚や目への刺激、めまい、中枢神経の障害など。発火しやすく、消火する際に水の使用は、水圧と比重の関係でヘキサンが拡散し、他の爆発などの二次的災害を招く恐れがあるため避けた方が良い。この溶液を扱う場所では火気厳禁。

### 7) アセトン

$\text{CH}_3\text{COCH}_3$ 。有機化合物で構造はケトン（ $-\text{CO}-$ ）気化もしやすく、発火もしやすい。また、両親媒性（極性関係無しに溶けること）でクメン法のフェノール生成過程の副産物でできる。生成量もアセトンの方が多いため単価は安い。意外と毒性は低いものの、めまい、頭痛は引き起こす。アセトンを酸で酸化させると酸化アセトンという爆薬を生成させることができる。クロロホルムやブromoホルムなど塩基性状態での反応で爆発することもある。

### 8) 四塩化炭素

$\text{CCl}_4$ 。有機化合物でテトラクロロメタンとも言う。C-H が無いので、フリーラジカル反応しにくい。地球温暖化に関わっているフロン原料でもある。蒸気は甘い特異臭がする。工場での労働者の中枢神経が狂い、昏睡後に死亡のケースが多かった。肝臓の酵素にシトクロムP 4 5 0 というアミノ酸残基が約 500 基集合させたものがある。ヘム合成の一つである。主にステロイド（ホルモンやビタミンの構成物質）の生成や脂肪酸の代謝などの作用を持つ。四塩化炭素はこのシトクロムP 4 5 0 を分解してトリクロロメチルラジカルを生成させる。これは体内で様々な代謝を行い、クロロホルム（発ガン性）やホルムアルデヒド（発ガン性。また、最終で蟻酸になるので腹痛をもたらす）、アセトアルデヒド、アセトンなどを生成させる。そして最終的にホスゲン（毒性）になる。

これらはほんの一部で、まだまだ記述されていないことが数多い。少し余談も含まれたが、基礎的なことは記述したつもりだ。また、ある程度の化学の知識がないと読みづらい部分もあるだろうが、少なくとも仕事に関わる数々の危険性を知ってもらえば幸いだ。

#### 参考文献

- ・ 「実感する化学 下巻」 NTS
- ・ 「環境計量士への近道上・下巻」 日本環境測定分析協会
- ・ 「公害防止管理者試験 よく出る水質問題」 オーム社
- ・ 「ぶんせき 9月号」 日本分析化学会
- ・ 「DNA と新しい医療」 日本放送出版協会
- ・ 各項目のウィキペディア

## 技術資料：簡易水質測定法（続） - 溶存酸素 -

パックテストを用いた水素イオン濃度（pH）の簡易水質測定法については、愛研技術通信第10号（2007年5月15日発行）で述べた。今回は、溶存酸素測定用キット（商品名：ケメット）を用いた溶存酸素量の簡易法を紹介する。

ケメットには色々な種類（約20種類）があり、溶存酸素用キットもその中の一つである。このキットは先端に折れ目をつけたガラスアンプル中に指示薬が定量的に真空状態で封入されている。試料中でこのアンプルの先端を折ると自動的に一定量の水がアンプル中に吸い込まれる。吸い込まれた水はアンプル中の試薬と反応し、発色した色調を指定時間後に肉眼で添付の標準色アンプルと比較し濃度を求める方法である（図1）。パックテストと比べて標準色が9本（0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12mg/L）と多く、このため使い方によっては比較的精度が高い。

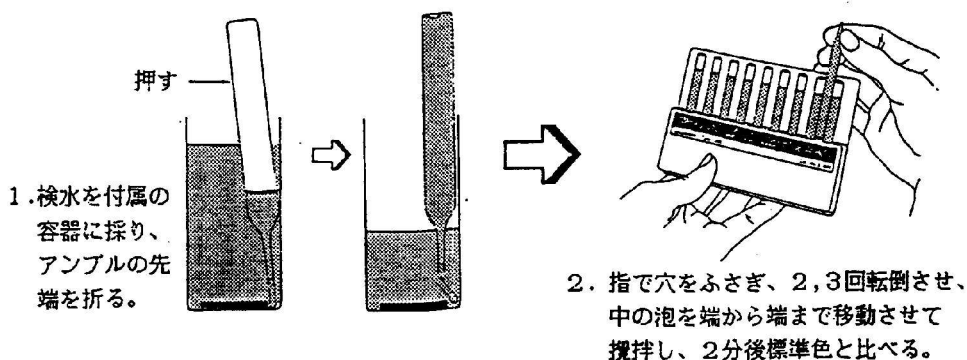


図1 操作手順

溶存酸素測定用の試水は、三河湾において表層及び底層から採取し、直ちに各々二組の酸素ピンに満たした。一組はケメット分析キットにより溶存酸素濃度を直ちに測定し、他の一組はウィンクラーアジ化ナトリウム変法（以下、公定法）により固定した後、実験室に持ち帰り測定に供した。

図2は、簡易法と公定法の相関を示したものである。この図から明らかなように、データの大部分は、両者の値を1:1に結んだ直線の下側に位置したが、公定法の値に近かった。回帰式及び相関係数は次のとおりであった。

$$Y = 0.91x - 0.16 \quad (r=0.984, n=25)$$

簡易法による値が個人差によりどの程度のばらつきを示すかを検討するため、窒素ガスを吹き込んで2段階の溶存酸素量（2.0mg/L & 6.4mg/L）に調整した試水を用意し、計24名の人達に測定を依頼した。その結果、低濃度試料による度数分布は、2.0 mg/L 付近に大部分が集中した。一方、高濃度試料の場合は、読み取り値の多くが公定法のそれよりも小さい4mg/Lに最大度数分布を示し、しかも低濃度試料と比べて広範囲に分布した。

これは、キットに添付されている標準色の色調の肉眼的判別が低濃度域の標準列で容易であるのに対し、高濃度域（特に6mg/L以上）ではこの種の簡易法を扱うことにほとんどはじめてであった人達にとって比較的困難であったことに起因していると考えられる。しかし、ある程度経験を積むことにより公定法に近い値を読み取ることができる簡易法であろう。

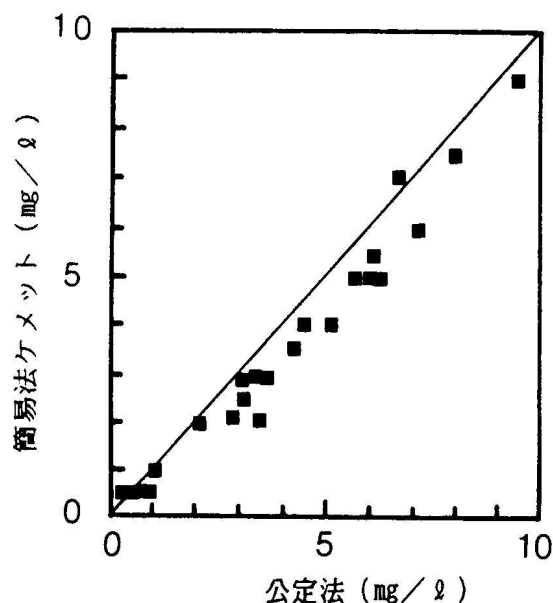


図2 簡易法と公定法で測定した溶存酸素量の比較